

| 과제구분 | 국책기술개발 | 수행시기 | | 전반기 | |
|-------------------------------------|-------------------------|------|---------|----------------|-----|
| 연구과제 및 세부과제명 | | 연구분야 | 수행기간 | 연구실 | 책임자 |
| 버섯부가가치 향상 및 선도유지 기술개발 | | 버섯 | '10~'12 | 농업기술원 버섯연구소 | 이윤희 |
| 3) 버섯부산물물의 사료화를 위한 느타리버섯 최적배지 개발 | | 버섯 | '10~'12 | 농업기술원 버섯연구소 | 이윤희 |
| 색인용어 | 수확후배지, 가축사료화, 느타리버섯, 배지 | | | | |

ABSTRACT

Poplar or pine sawdust is used to main substrates for oyster mushroom bottle cultivation. However, sawdusts are containing a lot of lignin that is insoluble and non digestible component. Thus, spent substrates which are produced by oyster mushroom harvest are difficult to use as ruminant feed. At first, we carried out to find sawdust substitute on the oyster mushroom for ruminant feed. Data from chemical analysis three materials revealed that concomb showed low crude ash(0.69%) and lignin(18.4%) contents. Mushroom yield of concomb substrates is 167g/bottle, these are similar to those of control(163g/bottle) and the highest BE(biological efficiency) also was observed in concomb substrates. There concomb could be select for sawdust alternative substrates.

Next, we carried out to find suitable nutrient supplement of corncob as a main carbon source for bottle culture of oyster mushroom. Mushroom yield of KP(kapok) treatment is 158g/bottle that is similar to control(150g/bottle). The highest REV(relative feed value) also was observed KP treatment.

Finally, the results as changes of moisture content, pH, and organic acid content, the suitable storage method of corncob and KP spent substrate before ruminant feed is sealed double with polypropylene vinyl and cloth bag during 15days.

Key words : Oyster mushroom, Corncob, Kapok seed cake, Spent mushroom substrates

1. 연구목표

국내 주요 병재배버섯은 느타리버섯(*Pleurotus ostreatus*), 큰느타리버섯(*Pleurotus eryngii*), 팽이버섯(*Flammulina velutipes*)이며 그 중 느타리버섯은 총생산량의 약 40%를 차지하여 우리나라의 대표 버섯으로, 봉지와 균상재배로 다양한 형태로 재배되고 있다.

2012년 느타리버섯 재배실태조사결과, 경기도내 느타리버섯 농가수는 231, 연간생산량은 41,382톤으로 느타리버섯 총생산량의 53%를 차지하며, 병재배 생산량이 경기도 생산량의 약 90%를 차지한다.

버섯 재배용 배지는 콘코브, 비트펄프, 미강, 면실박 등 가축사료로 이용되는 재료이며, 수확후배지는 원배지의 약 20%정도만이 버섯에 의해 이용되며(William 등 2001), 버섯균사체의 단백질함량이 높아 조사료 자원으로 반추가축의 단백질 공급원으로 사료적 이용가치가 있다고 보고되었다(Caswell, 1990). 현재 버섯 수확후배지는 수분함량이 높고 부패하기 쉬워 원예용 퇴비나 토양개량제로 사용되고 톱밥함량이 낮은 큰느타리와 팽이버섯 수확후배지 일부는 가축사료로 사용된다. 최근 국제곡물가격 상승 및 유가 불안정 등으로 원료사료의 높은 수입의존도에 의해 축산농가의 경쟁력이 위축되는 실정에서 친환경농산물인 버섯 부산물의 사료화에 관심이 증대되고 있다. 느타리버섯 병재배 주배지는 톱밥으로, 수확후배지내 난분해성물질인 리그닌함량이 높아 반추의 소화율이 저하되는 단점이 있으며, 버섯 배지 영양원 또한 대부분 수입되므로 다양한 대체 재료 개발에 대한 연구가 지속적으로 요구된다.

본 연구는 느타리버섯 수확후배지의 사료화를 위한 최적 배지개발로, 톱밥을 대체할 수 있는 주배지와 선발된 주배지에 적합한 대체 영양원을 선발과 더불어 수확후배지를 사료배합공장에서 수거하기 전 농가에서 이용성과 저장성을 높이기 위한 보관 방법에 관한 연구결과를 보고하고자 한다.

2. 재료 및 방법

가. 시험품종 및 종균제조

경기도농업기술원 버섯연구소에서 보유하고 있는 춘추느타리2호(*P. ostreatus*)를 PDA평판배지에서 배양완료 후 톱밥과 미강이 80:20(v/v)로 혼합된 250ml 삼각플라스크에 일정량을 담아 121℃에서 40분간 살균한 배지에 접종하여 20일 배양시킨 다음 접종원으로 사용하였다. 동일한 톱밥배지를 850ml 내열성 플라스틱병에 담아 121℃에서 90분간 살균한 후 톱밥 접종원을 접종하여 25일간 배양하여 종균으로 사용하였다.

나. 배지제조

주배지재료 선발시험은 콘코브, 면실피펄렛, 옥수수대펄렛을 기존의 포플라톱밥 첨가량 100%를 대체하였으며, 면실박대체 영양원 선발시험은 주배지로 콘코브와 영양원 비트펄프를 고정하고 케이폭박, 채종유박, 밀기울을 단용 및 혼용으로 처리하였다. 모든 배지재료는 물에 불린 후 주재료 50, 비트펄프 35, 면실박대체영양원 15 부피비율로 혼합하여 수분을 65%내외로 조절하여 850ml 내열성 플라스틱 병에 담아 121℃에서 90분간 살균하였다.

다. 배양 및 생육특성 조사

균사배양온도는 $20\pm 1^\circ\text{C}$, 상대습도는 60%이하로 조절하였으며 약30일간 배양하였으며 이때, 전체병수 중 배양완료된 병의 수가 70%이상일 때까지의 기간을 배양일수로 조사하였다. 배양이 완료된 병은 생육실로 옮겨 생육초기에 18°C , 습도 95% 이상으로 관리하다가, 발이시에 16°C , 생육시에 15°C 로 하온시켜 관리 하였다. 초발이 소요일수는 전체 투입 병 수의 70%이상일 발이 될 때까지, 생육일수는 발이부터 수확까지의 기간으로 표시하였다. 수량은 수확적기의 버섯 식용부위 무게를 측정하였다.

라. 수확후배지 적합 보관방법 선발시험 처리

느타리버섯 수확후배지(콘코브+비트펄프+케이폭박, 50:30:15,v/v)의 밀봉처리는 비닐이 내부에 부착된 톤백에 약 300kg씩 담아 구연산 1%(w/v) 용액, 유산균 *Lactobacillus plantnum* 배양액($10^8\sim 10^9/\text{ml}$)을 각각 5L 첨가구, 무처리구, 호기성조건인 야적처리 등 4처리를 하여 5일 간격으로 분석하였다.

마. 배지 이화학성 및 사료성분 분석

배지 원재료 및 혼합배지의 성분은 회화법으로 총탄소, 조회분, 유기물함량을 산출하였고, 단백질 자동분석기(Buchi K-370)를 이용한 Kjeldal법으로 질소함량과 조단백함량을 산출하였으며, 조지방 자동분석기(Soxtherm 416)를 이용한 Soxhlet법으로 조지방과 ether extract를 분석하였다. Van Soest 등(1991)등의 방법에 준하여, neutral detergent fiber(NDF), acid detergent fiber(ADF), lignin을 측정하였으며, pH는 건조시료와 증류수를 1:20(w/v) 비율로 혼합하여 1시간 동안 정치한 후 pH meter로 측정하였으며, 용적밀도와 공극율은 상토의 표준분석법(농촌진흥청, 2002)에 준하여 실시하였다.

바. 수확후배지 미생물상 분석

수확후배지 5g을 45ml 멸균수에 혼합하여 30분간 방치후 상등액을 십진단계 희석하여 세균은 NA배지에, 곰팡이는 PDA, 유산균은 MRS배지에 도말하여 세균은 37°C 에서 1일, 효모와 곰팡이는 25°C 에 2일 배양하여 형성된 콜로니수를 측정하였다.

사. 수확후배지 유기산 및 아플라톡신 분석

유기산분석은 시료 5g을 증류수 45ml에 혼합하여 30분 방치 후 상등액 1ml을 0.22 μm syringe filter(nylon, 13 mm)로 여과하여 LC-20A(동일시마즈, Japan)로 분석하였다. 분석용 column은 KC-811(300 mm \times 8 mm, Shodex, Japan)을 사용하였으며, 이동상은 perchloric acid로 유속 0.8 mL/min, column oven 온도 63°C , injection volume 10 μL , PDA detector 440 nm에서 분석하였다. 표준물질로 citric acid, tartaric acid, malic acid, succinic acid, fumaric acid, lactic acid 및 acetic acid을 사용하였다. 아플라톡신 생성여부는 RIDA Quick Aflatoxin kit의 사용법에 준하여 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

<시험1> 느타리버섯 톱밥대체용 주재료 선발

톱밥대체 주재료에 영양원을 혼합한 배지에 따른 이화학적성은 pH는 5.0~5.4로 큰 차이 없었으며, 면실피펠렛 혼합배지의 총질소 2.1%로 가장 높아 C/N율이 25로 낮았으나 느타리버섯 생육에 적합한 범위에 속하였다. 반면, 배지물리성은 높은 용적밀도와 낮은 공극율로 면실피펠렛혼합배지가 대조배지와 가장 큰 차이를 보였다(표 1).

표 1. 혼합배지별 이화학적성

| 처리내용 ¹⁾ | 수분 (%) | pH (1:10) | T-C (%) | T-N (%) | C/N | 조지방 (%) | 용적밀도 (g/cm ³) | 공극률 (%) |
|--------------------|--------|-----------|---------|---------|------|---------|---------------------------|---------|
| 미루나무톱밥(대조) | 60.8 | 5.4 | 53.7 | 1.73 | 31.0 | 1.35 | 0.22 | 75.0 |
| 면실피펠렛 | 59.5 | 5.5 | 53.7 | 2.12 | 25.3 | 1.76 | 0.29 | 72.8 |
| 옥수수대펠렛 | 59.7 | 5.3 | 51.4 | 1.80 | 28.7 | 1.38 | 0.24 | 74.0 |
| 콘코브 | 60.4 | 5.0 | 53.3 | 1.71 | 31.2 | 0.65 | 0.22 | 73.6 |

¹⁾배지조성 : 주재료+비트펄프+면실피박(50:35:15, v/v)

표 2. 혼합배지별 재배적 특성

| 처리내용 ¹⁾ | 배양기간 (일) | 초발이 소요일수(일) | 생육일수 (일) | 재배기간 (일) | 수량 (g/병) | 생물학적 효율(%) |
|--------------------|----------|-------------|----------|----------|---------------------|------------|
| 미루나무톱밥(대조) | 27 | 4 | 3 | 34 | 163 a ²⁾ | 69 |
| 면실피펠렛 | 27 | 4 | 3 | 34 | 141 b | 47 |
| 옥수수대펠렛 | 30 | 5 | 3 | 38 | 85 c | 31 |
| 콘코브 | 27 | 4 | 3 | 34 | 167 a | 80 |

¹⁾배지조성 : 주재료+비트펄프+면실피박(50:35:15, v/v), ²⁾유의수준 5%에서 던컨다중유의성 검정

톱밥대체 혼합배지의 균사배양기간은 옥수수대펠렛 혼합배지에서 30일로 다른 배지보다 3일, 초발이소요일수 1일 지연되어 총재배기간은 4일 지연되었고, 수량과 생물학적효율이 가장 낮았다. 반면 콘코브혼합배지는 재배기간 및 수량성이 대조와 차이가 없었고, 생물학적효율은 가장 높았다(표 2).

표 3. 느타리버섯 혼합배지별 수확후 배지의 사료학적 성분

| 처리내용 ¹⁾ | 조단백 (%) | 조지방 (%) | 조회분 (%) | NDF ²⁾ (%) | ADF ³⁾ (%) | 리그닌 (%) | Hemi cellulose (%) | Cellulose (%) | RFV ³⁾ (%) |
|--------------------|---------|---------|---------|-----------------------|-----------------------|---------|--------------------|---------------|-----------------------|
| 미루나무톱밥 | 9.1 | 0.74 | 5.1 | 75.4 | 59.5 | 23.4 | 15.9 | 36.1 | 51.7 |
| 면실피펠렛 | 9.7 | 0.81 | 8.5 | 81.0 | 62.3 | 31.0 | 18.7 | 31.2 | 45.6 |
| 옥수수대펠렛 | 8.9 | 0.71 | 9.5 | 74.1 | 45.6 | 29.1 | 28.5 | 16.5 | 66.4 |
| 콘코브 | 10.8 | 0.69 | 6.3 | 75.8 | 55.7 | 18.4 | 20.1 | 36.3 | 55.1 |

¹⁾배지조성 : 주재료+비트펄프+면실피박(50:35:15, v/v)

²⁾NDF(neutral detergent fiber, 중성세제불용성섬유소), ³⁾ADF(acid detergent fiber, 산성세제불용성섬유소)

³⁾RFV(relative feed value, 상대적 사료가치) = (120/NDF)×(88.9-(0.779×ADF))/1.29

수확 후 배지의 사료적 가치를 분석한 결과(표 3), 소화가 거의 안되는 성분을 나타내는 ADF가 45.6%로 가장 낮고 상대적사료가치가 66.4%로 가장 높은 옥수수대펠렛 혼합 배지가 사료화에 적합하였으나, 느타리버섯 생산성을 감안했을 때, 사료적가치가 대조배지보다 다소 높고 생산성이 가장 우수한 콘코브를 톱밥대체 재료로 선발하였다.

<시험 2> 사료화에 적합한 영양원 선발

표 4. 영양원 혼합배지별 이화학성

| 처리내용 [↓] | 수분 (%) | pH | T-C (%) | T-N (%) | C/N | 용적밀도 (g/cm ³) | 공극률 (%) |
|-------------------|--------|-----|---------|---------|------|---------------------------|---------|
| 면실박(대조) | 65.7 | 4.8 | 52.2 | 3.86 | 18.3 | 0.27 | 73.1 |
| 케이폭박 | 63.5 | 5.0 | 51.4 | 3.55 | 20.2 | 0.28 | 74.2 |
| 채종유박 | 67.2 | 5.0 | 51.0 | 3.98 | 17.1 | 0.28 | 74.5 |
| 면실박+케이폭박(1:1) | 63.5 | 5.0 | 51.2 | 3.70 | 19.0 | 0.28 | 74.8 |
| 케이폭박+밀기울(1:1) | 63.7 | 5.0 | 51.3 | 3.45 | 20.9 | 0.28 | 74.8 |

[↓]배지조성 : 콘코브+비트펠프+영양원=(50:35:15,v/v)

표 5. 영양원 혼합배지별 재배적 특성

| 처리내용 [↓] | 배양 기간(일) | 초발이 소요일수(일) | 생육 일수(일) | 재배 기간(일) | 수량 (g/850ml) | 생물학적 효율(%) |
|-------------------|----------|-------------|----------|----------|--------------------|------------|
| 면실박(대조) | 31 | 4 | 4 | 39 | 150 a [↓] | 77.0 |
| 케이폭박 | 31 | 4 | 4 | 39 | 158 a | 77.8 |
| 채종유박 | 31 | 5 | 4 | 40 | 133 b | 71.6 |
| 면실박+케이폭박(1:1) | 31 | 4 | 4 | 39 | 158 a | 77.3 |
| 케이폭박+밀기울(1:1) | 31 | 4 | 4 | 39 | 153 a | 74.3 |

[↓]배지조성 : 콘코브+비트펠프+영양원=(50:35:15,v/v), [↓]유의수준 5%에서 던컨다중유의성 검정

대체 영양원 혼합배지별 이화학성과 재배기간은 처리 간 큰 차이가 없었으나(표 4 와 표 5), 수량과 생물학적효율은 채종유박에서 가장 낮았고 다른 처리는 통계적 유의성 없이 동등하였다.

표 6. 영양원 혼합배지의 수확후배지 사료적 성분

| 처리내용 ¹ | 조단백 (%) | 조지방 (%) | 조회분 (%) | NDF ² (%) | ADF ³ (%) | 리그닌 (%) | 헤미 셀룰로오스(%) | 셀룰로오스(%) | RFV ⁴ (%) |
|-------------------|---------|---------|---------|----------------------|----------------------|---------|-------------|----------|----------------------|
| 면실박(대조) | 11.8 | 0.47 | 6.5 | 72.9 | 59.1 | 27.3 | 13.8 | 31.8 | 54.7 b ^b |
| 케이폭박 | 10.4 | 0.52 | 5.7 | 73.2 | 55.2 | 28.6 | 18.0 | 26.6 | 58.3 a |
| 채종유박 | 11.1 | 0.67 | 4.6 | 74.3 | 56.9 | 26.5 | 17.4 | 30.4 | 55.8 b |
| 면실박+케이폭박(1:1) | 9.6 | 0.59 | 6.4 | 73.6 | 57.5 | 28.3 | 16.1 | 29.2 | 55.7 b |
| 케이폭박+밀기울(1:1) | 9.8 | 0.60 | 7.2 | 73.8 | 57.0 | 28.0 | 16.8 | 29.0 | 56.1 b |

¹배지조성 : 콘코브+비트펄프+영양원=(50:35:15,v/v), ²NDF(neutral detergent fiber, 중성세제불용성섬유소), ³ADF(acid detergent fiber, 산성세제불용성섬유소), ⁴RFV(relative feed value, 상대적 사료가치) = (120/NDF)×(88.9-(0.779×ADF))/1.29,

^b유의수준 5%에서 던컨다중유의성 검정

대체 영양원 혼합배지 수확후배지의 사료적 가치분석 결과(표 6), 케이폭박 혼합배지에서 낮은 ADF함량으로 상대적 사료가치가 가장 높게 나타났다. 일반적으로 NDF는 사료의 부피와 관계가 있어 건물섭취량에 영향을 끼치며, ADF는 소화가 거의 안되는 성분으로 NDF와 ADF는 낮을수록 사료적 기호성이 좋으며 조사료로서 RFV 80%이상, NDF 65%이하, ADF 40%이하가 품질이 우수한 것으로 알려져 있는데, 모든 처리의 수확후배지는 NDF 73%내외, 조단백 10~12%로 고섬유소 저단백질 조사료로 사료적 가치가 낮으므로(배 등, 2007; 김 등, 2007) 발효사료에 일정량 첨가하여 완전배합사료로 제조하여 급여하는 것이 바람직하다.

<시험 3> 수확 후 배지 안전보존 방법 개발

각 농가에서 수확후배지를 배합사료공장에서 수거하기 전 부패되지 않고 품질변화가 적은 안전한 보관방법과 기간을 조사하였다.

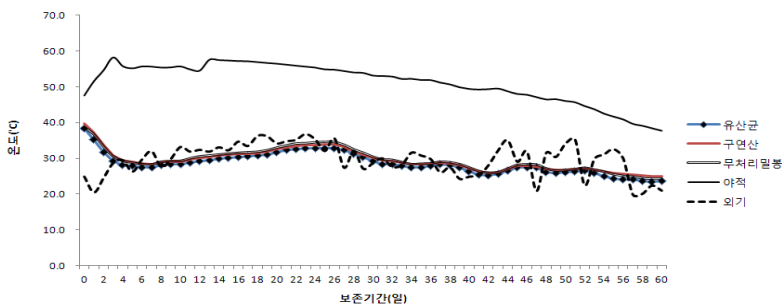


그림 1. 수확 후 배지 보존방법 및 보존기간에 따른 온도 변화

수확 후 배지 보관방법에 따른 배지내 온도변화는 밀봉처리 모두 3일 이내에 온도가 저하되어 외기와 큰 차이를 보이지 않았으나 야적처리는 4일째 60°C까지 상승한 후 점차 감소하여도 외기보다는 높았다(그림 1).

수확 후 배지의 pH는 밀봉처리는 보존기간 5일이내에 4.0이하로 저하되고, 야적처리는 5일 이후 6.9로 증가하여 60일까지 큰 변화를 보이지 않았다(표 7). 혐기조건에서는 초기 3일동안 젖산발효로 pH가 2~4로 낮은것은 잡균의 번식을 방지하는 효과를 볼 수 있다(사료자원핸드북, 2011). 수확후배지의 수분함량은 야적처리는 점차 감소하여 50일 이후는 15%이하를 나타냈고, 밀봉처리는 60일까지 63%내외로 유지되었다(표 8).

표 7. 수확 후 배지 보존방법 및 보존기간에 따른 pH 변화

| 처리내용 | 0일 | 5일 | 10일 | 15일 | 20일 | 25일 | 30일 | 40일 | 50일 | 60일 |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 유산균+밀봉 | 5.5 | 3.9 | 3.8 | 3.9 | 4.0 | 4.0 | 4.2 | 4.3 | 4.2 | 4.0 |
| 구연산1%+밀봉 | 5.5 | 3.8 | 3.7 | 3.8 | 3.9 | 3.9 | 3.9 | 3.9 | 3.9 | 3.8 |
| 무첨가+밀봉 | 5.5 | 3.8 | 3.8 | 3.9 | 4.1 | 4.0 | 4.0 | 3.9 | 4.0 | 3.9 |
| 일반야적 | 5.5 | 6.9 | 6.8 | 7.3 | 7.1 | 7.1 | 7.1 | 7.4 | 7.1 | 7.4 |

표 8. 수확 후 배지 보존방법 및 보존기간에 따른 수분함량 변화 (단위 : %)

| 처리내용 | 0일 | 5일 | 10일 | 15일 | 20일 | 25일 | 30일 | 40일 | 50일 | 60일 |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 유산균+밀봉 | 62.4 | 63.3 | 63.5 | 62.3 | 64.0 | 63.8 | 63.0 | 64.9 | 63.1 | 63.3 |
| 구연산1%+밀봉 | 62.4 | 63.7 | 63.4 | 62.9 | 63.9 | 63.2 | 62.9 | 64.1 | 63.1 | 62.5 |
| 무첨가+밀봉 | 62.4 | 63.1 | 63.3 | 63.1 | 63.4 | 63.7 | 63.3 | 63.3 | 62.7 | 63.0 |
| 일반야적 | 61.4 | 56.0 | 45.5 | 31.1 | 38.3 | 29.0 | 28.4 | 20.7 | 15.2 | 14.3 |

수확후배지 보존방법 및 기간에 따른 상대적사료가치는 처리간 큰 차이를 보이지 않았다(표 9). 이상적인 발효를 하기위해 영양원으로 느타리버섯 수확후배지를 첨가하여 에너지 공급원 과 (사료자원핸드북, 2011), 높은 수분함량인 수확후배지로 수분 조절(65~70%)에도 용이하여 밀봉처리가 사료화에는 적합한 방법임을 알 수 있다.

표 9. 수확 후 배지 보존방법 및 보존기간에 따른 사료가치 (단위 : %)

| 처리내용 | 0일 | 5일 | 10일 | 15일 | 20일 | 25일 | 30일 | 40일 | 50일 | 60일 |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 유산균+밀봉 | 56.8 | 54.8 | 58.1 | 54.2 | 53.1 | 55.0 | 55.9 | 55.6 | 52.3 | 53.3 |
| 구연산1%+밀봉 | 56.8 | 55.4 | 55.7 | 55.7 | 56.5 | 56.3 | 57.2 | 58.8 | 55.5 | 55.6 |
| 무첨가+밀봉 | 56.8 | 56.8 | 54.6 | 55.8 | 57.8 | 58.3 | 58.2 | 58.8 | 54.9 | 55.3 |
| 일반야적 | 56.8 | 52.8 | 56.1 | 55.2 | 57.0 | 62.1 | 60.6 | 56.5 | 55.8 | 56.1 |

※ 상대적사료가치(Relative Feed Value)=(120/NDF)×(88.9-(0.779×ADF))/1.29
 NDF(neutral detergent fiber, 중성세제불용성섬유소),ADF(acid detergent fiber, 산성세제불용성섬유소)

미생물상변화는(표 10) 유산균 접종과 구연산 첨가 후 밀봉한 경우 보관 10일째 세균과 유산균밀도가 가장 높았다가 감소하였고, 무첨가 후 밀봉한 처리는 세균은

보관 10일째 가장 높았다 감소하였으며 유산균은 20일 이후 감소하였다. 야적처리는 보관기간 60일에 세균밀도가 가장 높았으나 일정한 경향을 보이지 않았으며, 유산균과 곰팡이밀도는 보관 50일까지 큰 변화를 보이지 않았다.

표 10. 수확 후 배지 보존방법 및 보존기간에 따른 미생물상 변화 (단위 : cfu ×10⁷/ml)

| 처리내용 | 미생물 | 5일 | 10일 | 15일 | 20일 | 25일 | 30일 | 40일 | 50일 | 60일 |
|----------|-----|----------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 유산균+밀봉 | 세 균 | 50 | 1400 | 21 | 13 | 14 | 9.0 | 8.0 | 7.0 | 9.0 |
| | 유산균 | 40 | 610 | 43 | 18 | 16 | 16 | 16 | 6.0 | 3.0 |
| | 곰팡이 | - [↓] | - | - | - | - | - | - | - | 0.1 |
| 구연산1%+밀봉 | 세 균 | 16 | 230 | 24 | 11 | 7.0 | 4.0 | 2.0 | 5.0 | 1.0 |
| | 유산균 | 17 | 26 | 24 | 13 | 7.0 | 4.0 | 2.0 | 7.0 | 9.0 |
| | 곰팡이 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 무첨가+밀봉 | 세 균 | 26 | 230 | 25 | 13 | 12 | 9.0 | 6.0 | 5.0 | 4.0 |
| | 유산균 | 26 | 23 | 24 | 25 | 15 | 11 | 4.0 | 3.0 | 6.0 |
| | 곰팡이 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 일반야적 | 세 균 | 15 | 17 | 21 | 42 | 60 | 44 | 70 | 43 | 36 |
| | 유산균 | 5.0 | 3.0 | 5.0 | 4.0 | 3.0 | 6.0 | 3.0 | 3.0 | 9.0 |
| | 곰팡이 | 5.3 | 3.3 | 5.3 | 4.0 | 3.0 | 6.4 | 2.5 | 5.6 | 0.4 |

※ 0일 : 세균 4.0×10⁶ cfu/ml, 유산균 1.3×10⁶ cfu/ml, 곰팡이 1.3×10⁶ cfu/ml

[↓]미검출

혐기성조건에서 미생물에 의한 대사산물인 유기산 함량을 분석한 결과(표11), 야적처리는 검출되지 않았으며, 밀봉처리는 보관기간 15일 이후에 급격히 감소하여 발효과정을 마치고 수확후배지의 품질변화가 보이지 않는 것으로 추정된다.

표 11. 보존방법별 보존기간에 따른 유기산 함량 변화 (단위 : mg/100ml)

| 처리내용 | 유기산종류 | 3일 | 6일 | 9일 | 12일 | 15일 | 19일 |
|----------|-------------|------|------|------|------|------|------|
| 유산균+밀봉 | Lactic acid | 84.9 | 88.6 | 88.0 | 58.1 | 86.9 | 27.9 |
| | Acetic acid | 10.6 | 12.1 | 15.2 | 12.0 | 24.1 | 8.7 |
| 구연산1%+밀봉 | Lactic acid | 55.2 | 63.1 | 82.5 | 79.1 | 96.1 | 11.2 |
| | Acetic acid | 18.2 | 23.8 | 29.7 | 28.7 | 30.6 | 4.8 |
| 무처리+밀봉 | Lactic acid | 57.3 | 67.9 | 84.2 | 76.8 | 39.5 | 45.6 |
| | Acetic acid | 17.7 | 28.6 | 28.2 | 22.4 | 14.5 | 8.6 |

이상의 결과, 느타리버섯 수확후배지를 배합사료공장에서 수거하기전 농가에서 손쉽게 보관할 수 있는 방법으로 내열성 비닐이 부착된 위생백이나 배지재료를 담았던

톤백에 비닐을 내부에 넣어 300kg내외로 담아 그늘진 장소에서 15일 이내로 보존하여도 사료로 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

4. 적 요

느타리버섯의 수확후배지의 가축사료화에 적합한 배지개발과 보존방법에 관한 연구결과는 다음과 같다.

- 가. 옥수수대펠렛은 배양기간 30일, 초발이소요일수 5일로 다른 처리구에 비해 전체 재배기간이 4일 지연되었고, 수량은 콘코브 처리구가 167g으로 대조(163g)와 유의성은 보이지 않았으나, 생물학적 효율측면에선 콘코브가 80%로 대조 69%보다 높았음.
- 나. 대체 영양원 혼합배지의 이화학적 및 재배기간은 처리간 차이가 없었으나, 수량은 케이폭박 첨가구(케이폭박, 면실박+케이폭박, 케이폭박+밀기울)가 153~158g으로 대조구(면실박, 150g)와 차이가 없는 것으로 나타났고, 상대적 사료가치 평가결과 케이폭박이 58.3%으로 대조구(면실박) 54.7%와 다른처리보다 높았음.
- 다. 상대적사료적가치는 모든 처리에서 보존기간이 길수록 감소하였으며, Lactic acid 와 Acetic acid 함량은 야적처리에서는 검출되지 않았으며, 다른 밀봉처리는 15일 이후에 급격히 감소한 후 큰 변화를 보이지 않음.
- 라. 느타리버섯 수확후배지를 사료화로 활용하기 적합한 배지는 콘코브+비트펄프+케이폭박(50:35,15,v/v)으로 선발하였으며, 사료배합공장으로 수거되기 전에 농가에서 내열성비닐부착형 위생백에 담아 밀봉하여 그늘진 장소에서 15일 이내로 보존하여도 사료로 활용할 수 있었음.

5. 인용문헌

- Williams,B.C., McMullan, J.T. and McCahey,S. 2001. An initial assessment of spent mushroom compost as a potential energy feedstock. *Bioresour. Technol.* 79:227-230.
- Caswell, L.E. 1990. Fungal additives. *Feed Management. Apri.* 41(4):9-13
- 김영일, 배지선, 허정원, 관완섭. 2007. 버섯의 봉지재배 및 병재배시 재배단계별 배지의 사료영양적 성분, 독성중금속 및 잔류농약 모니터링. *한국동물자원과학회지.* 49(1):67-78
- 목운문화재단영양사료연구회. 2011. 사료자원핸드북. p984~996
- 배지선, 김영일, 정세형, 오영균, 관완섭. 2006. 느타리, 새송이 및 팽이버섯 폐배지의 반추동물 조사료원로서의 사료 영양적 가치 평가. *한국동물자원과학회지.* 48(2):237-246

6. 연구결과 활용제목

- 가축사료화를 위한 버섯 수확후배지 적합 보관 방법(영농활용, 2012)

7. 연구원 편성표

| 세부과제 | 구분 | 소속 | 직급 | 성명 | 수행업무 | 참여년도 | | |
|----------------------------------|-------|-------------|-------|-----|-------------|------|-----|-----|
| | | | | | | '10 | '11 | '12 |
| 1) 버섯부산물의 사료화를 위한 느타리버섯 최적 배지 개발 | 책임자 | 농업기술원 버섯연구소 | 농업연구사 | 이윤희 | 시험수행괄 | ○ | ○ | ○ |
| | 공동연구자 | " | 농업연구사 | 김정한 | 시험처리 및 자료분석 | ○ | ○ | ○ |
| | 공동연구자 | " | 농업연구사 | 최종인 | 참고자료조사 | ○ | ○ | ○ |
| | 공동연구자 | " | 농업연구사 | 장명준 | 참고자료조사 | ○ | ○ | ○ |
| | 공동연구자 | 경남과학기술대학 | 교수 | 문여황 | 시험자문 | ○ | ○ | ○ |